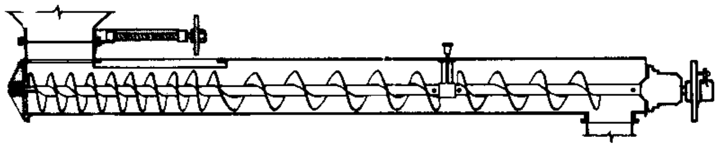
PUŽNI - ZAVOJNI TRANSPORTER

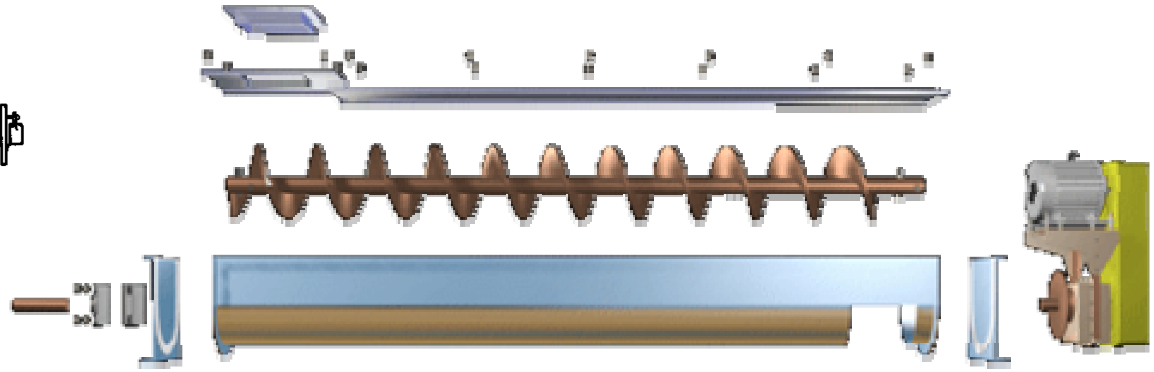
KONSTRUKCIJA

- Pužni transporter je najstarije transportno sredstvo sa kontinualnim dejstvom, razvio ga je Arhimed kao specijalan oblik pumpe za navodnjavanje. Kroz vekove, osnovni koncept transportera baziran na arhimedovoj spirali, ostao je u primeni pa ovo sredstvo i danas često koristi.

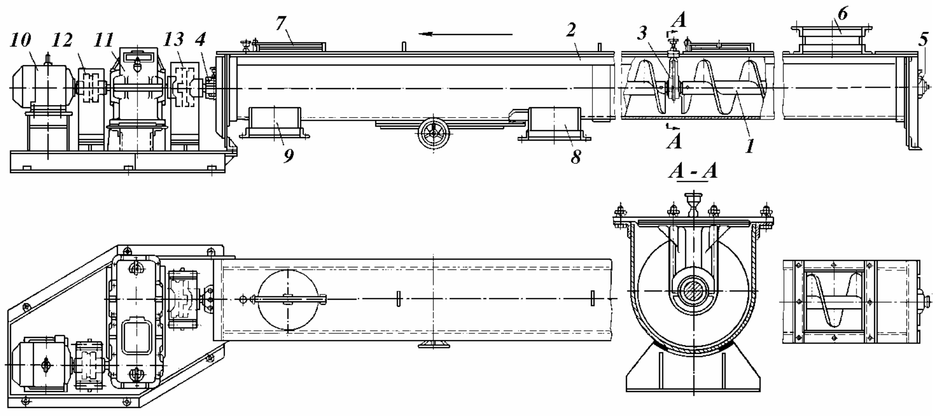
- Sastoji se od oluka sa dovodnim levkom i ispustom, vratila sa pužem i pogonskog uređaja (motor, spojnica i reduktor).

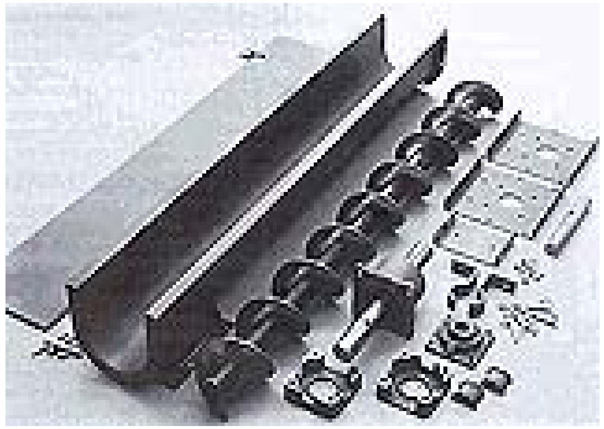












Vratilo sa pužem, 2. Oluk, 3. Ležaj sa spojnicom, 4. Prednji ležaj, 5. Zadnji ležaj, 6. Dovodni levak, 7. Otvor za kontrolu rada, 8. Srednji levak - ispust za pražnjenje, 9. Prednji levak za pražnjenje, 10. Elektro motor, 11. Reduktor, 12. Spojnica, 13. Spojnica





- Usled sopstvene težine i trenja o zidove oluka materijal se ne okreće zajedno sa vratilom, već dolazi do njegovog potiskivanja, slično kao što se pomera navrtka zavrtnja pri rotaciji.

OSNOVNI ELEMENTI PUŽNOG TRANSPORTERA

- ***Vratilo puža*** Izrađuje se obično od bešavnih čeličnih cevi u obliku sekcija dužine do 5 m i debljine zidova ≥3 mm. Sekcije se spajaju pomoću specijalnih spojnica ili zavrtnjeva. Elementi za spajanje istovremeno služe i za postavljanje srednjih ležajeva. Vratilo je na krajevima transportera oslonjeno na čeone zidove oluka preko dva radijalna i jednog aksijalnog ležaja.

- ***Oluk - kućište*** Vrsta materijala od koga se izrađuje oluk zavisi od materijala koji se transportuje, a najčešće se izrađuje od čeličnog lima debljine 1,5 do 10 mm, drveta ili plastike. Oblik oluka zavisi od transportne putanje; kod horizontalog transportera oluk je sa polukružnim dnom i pravim bočnim stranicama, dok je kod kosih i vertikalnih cevastog oblika. Izrađuje se u sekcijama standardne dužine: 1,5; 2,5; 3,0; 3,5 i 6 m. Varijante za transport prašinastih materijala i sa hermetičkim zaptivanjem izrađuju se sa prirubnicama i kanalima za postavljanje zaptivača. Kod transportera koji se koriste za transport teških, tvrdih i jako abrazivnih materijala, dno oluka se izrađuje od čeličnog lima velike tvrdoće.

- ***Utovar, istovar i smer transporta*** Utovar i istovar materijala može se realizovati u bilo kojoj tački na više mesta duž oluka. Radi zaštite od zagušenja i preopterećenja, posebno u slučaju kada se pužni transporter koristi za pražnjenje bunkera ili kontejnera, utovar se reguliše preko dozatora. Ispusti za istovar se otvaraju kao i kod drugih tipova transportera sa olukom (ručno ili mehanički). Smer transporta zavisi od tipa zavojnice - da li je levohodna ili desnohodna kao i od smera okretanja vratila Pužnim transporterom se može povezivati više bunkera, mašina ili kontenera na jednostavan način, bez angažovanja velikog prostora za instaliranje uređaja.

OPŠTE KARAKTERISTIKE

- ***Dobre osobine*** Pužni transporter ima jednostavnu konstrukciju sa znatno robusnijim vučnim elementom u odnosu na lančane transportere. Zahteva mali prostor za ugradnju, ima niske troškove održavanja, omogućava dobru zaštitu okoline od prašine i mirisa primenom zatvorenog kućišta koje može da bude i potpuno hermetički zatvoreno. Posebno je pogodan za transport prašinastih materijala i materijala sa jakim mirisom. Utovar i istovar je moguć u bilo kojoj tački i na više mesta duž oluka. Pogodan je za: horizontalan, kos i vertikalan transport. U procesima gde postoji tehnološka potreba, pužni transporter se može koristiti za hlađenje, mešanje raznorodnih rasutih materijala, sušenje, zagrevanje, pranje, mešenje, presovanje i prosejavanje.

- ***Loše osobine*** Trenje između materijala, zidova oluka i puža je veliko i prouzrokuje lomljenje čestica, odnosno komada materijala, što dovodi do promena kvaliteta robe. Velika je potrošnja energije, a zbog velikog trenja pri kretanju je veliko habanje elemenata transportera. Prisutna je i opasnost od zaglavljivanja pri transportu, posebno kod krupnijih komada, lepljivih i pečenih materijala.

- ***Primena*** Pužni transporter se primenjuje u raznim oblastima industrijske proizvodnje, posebno u hemijskoj industriji za transport malih količina robe $\leq$ 120 t/h, max do 400 [t/h], na kratkim distancama (40m), maksimalno do (60 m). Upotreba je ograničena na *transport prašinastih, zrnastih i komadnih materijala srednje veličine*, posebno gde je tehnološkim procesom predviđeno mešanje, odnosno homogenizacija materijala. Materijali sa oštrim ivicama, jako abrazivni, velike tvrdoće, pečeni i lako drobljivi nisu pogodni za transport pužnim transporterom.

- Otvoreni puž se koristi u sklopu kompleksnih postrojenja kao zahvatni element pri istovaru vagona i brodova. Često se koristi kao uređaj za podizanje materijala kod punjenja bunkera i silosa, a takođe i za pražnjenje bunkera i kontejnera.

TRANSPORTNI KAPACITET

- Za razliku od najvećeg broja transportera kod kojih se radni organ kreće na isti način kao i materijal koji se nosi ili gura, koncept pužnog transportera podrazumeva da radni organ krećući se rotaciono, translatorno potiskuje materijal koji se transportuje.

- Brzina translatornog kretanja materijala koji se transportuje zavisi od koraka puža h_S i broja obrta vratila puža n_S

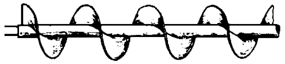
$$v = \frac{n_S \cdot h_S}{60} \; [m/s]$$

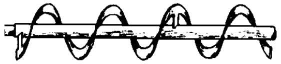
- Površina poprečnog preseka materijala, usled oblika oluka, i oblika radnog organa koji su kružnog preseka utvrđuje se kao:

$$F = C_S \cdot \frac{D_S^2 \cdot \pi}{4} \; [m^2]$$

gde su, pored već korišćenih oznaka:

- v_k[m/s] – brzina lanca
- C_S[-] – faktor smanjenja površine preseka usled konstrukcije pužne zavojnice
- D_S[m] – prečnik puža


spirala sa punim zidom


spirala sa trakastom zavojnicom


spirala segmentnog oblika

- Faktor C_S uzima u obzir konstrukciju puža

- $C_S = 0.9 \div 1.0$ - puž-spirala sa punim zidom (neprekidna zavojna površina)
- $C_S = 0.7 \div 0.9$ - puž-spirala sa trakastom zavojnicom
- $C_S = 0.4 \div 0.7$ - puž-spirala segmentnog oblika (lopatice, krilca)

- U literaturi se navodi potreba usaglašavanja prečnika puža i granulacije materijala, tako da kod rasute robe kod koje je učešće komada veličine a_{max} do 10% odnos prečnika i a_{max}, treba da bude $D_S \geq 4\, a_{max}$, a kada je procentualno učešće a_{max} u strukturi veće od 80% onda je $D_S \geq 12\, a_{max}$.

- Takođe, definiše se i odnos koraka spirale i prečnika puža. Taj odnos (Sretenović, 1996) iznosi $(h_S / D_S)=(0.6 \div 1.0)$; a (Suvajdžić 1973) navodi vrednosti $(h_S / D_S)=(0.5 \div 0.7)$ za krupnokomadaste i habajuće materijale, a za zrnaste i sitne robe $(h_S / D_S)=(0.5 \div 1.0)$.

- Broj okretaja vratila, tj. puža zavisi od vrste materijala koji se transportuje i manji je kod habajućih i težih materijala. (Suvajdžić 1973) navodi interesantnu relaciju, baziranu na empirijski utvrđenim vrednostima koeficijenta, koja povezuje karakteristike materijala, prečnik puža i maksimalni broj okretaja vratila (n_{max}):

$$n_{max} = E \Big/ \sqrt{D_S} \quad \left[\min^{-1}\right]$$

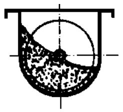
- Vrednosti empirijskog koeficijenta E su:

- E =65 - za lake i nehabajuće materijale
- E =50 - za lake i malo habajuće materijale
- E =45 - za teške i malo habajuće materijale
- E =30 - za teške i habajuće materijale

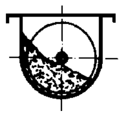
- Na osnovu prethodnih izraza, kapacitet pužnog transportera moguće je utvrditi kao:

$$Q_m = 60 \cdot C_S \cdot \frac{D_S \cdot \pi}{4} \cdot h_S \cdot n_S \cdot \gamma_m \cdot \psi_p \cdot k_\delta \quad \left[t/h\right]$$

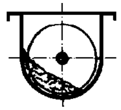
- Stepen popunjenosti površine poprečnog preseka ψ_p zavisi od vrste materijala i veličine komada u strukturi robe.



lako pokretljivi i neabrazivni materijali



abrazivne, zrnaste i sitno-komadne robe



teški abrazivni i agresivni materijali

- $\psi_p = 0.45$ - za lako pokretljive i neabrazivne materijale (brašno, žito, seme uljarica),
- $\psi_p = 0.30$ - za malo abrazivne, zrnaste i sitno-komadne robe (so, pesak, fini šljunak, antracit)
- $\psi_p = 0.15$ - za teške abrazivne i agresivne materijale (pepeo, šljunak, cement, zemlja, ruda, đubrivo).

- Faktor nagiba $k\delta$ kojim se koriguje transportni kapacitet

NAGIB TRANSPORTERA δ [°]	0°	5°	10°	15°	20°	25°
FAKTOR NAGIBA k_δ [-]	1.0	0.9	0.8	0.7	0.6	0.5

ODREĐIVANJE SNAGE ZA POGON

Metod jedinstvenog koeficijenta otpora

- Primena metode podrazumeva utvrđivanje sledećih pacijalnih snaga:

– N_W, snage potrebne za translatorno kretanje materijala u oluku
– N_S, snage potrebne za savlađivanje trenja između materijala i puža - spirale
– N_L, snage potrebne za savlađivanje otpora u ležajima vratila
– N_H, snage potrebne za dizanje materijala
– N_Z, snage potrebne za savlađivanje dodatnih otpora

- Međutim, kod pužnog transportera koeficijenti trenja značajno variraju, vrednosti određenih faktora moguće je samo eksperimentalno utvrditi, a prisutna je i velika zavisnost između potrebne snage i broja obrta vratila, koraka puža, i stepena popunjenosti oluka.

- Imajući u vidu ove činjenice koje u značnjoj meri usložnjavaju konsekventnu primenu metode jedinstvenog koeficijenta u ovom slučaju, za praktičnu primenu mnogo je pogodniji uprošćen pristup u okviru koga se potrebna snaga pužnog transportera procenjuje na bazi jedinstvenog koeficijenta μ'

$$N_{CM} = \frac{Q_m \cdot g \cdot L_Q \cdot \mu'}{3.6 \cdot \eta_p} \pm \frac{Q_m \cdot g \cdot L_Q \cdot \sin\delta}{3.6 \cdot \eta_p} \; [kW]$$

- Jedinstveni koeficijent otpora μ' zavisi od vrste materijala, površine oluka i puža, vrste puža i stepena popunjenosti i kreće se u opsegu 2 do 5, a kod vertikalnog transporta 6 do 19.

- Za pojedine vrste materijala mogu se koristiti sledeće vrednosti:

- μ' = 2 do 3 – za žito, zrna uljarica, drvenu strugotinu, drveni ugalj, sapunsku masu, boraks, boksit, antracit, treset, vlažan ugalj, šećer, ugljenu prašinu, retko blato - mulj
- μ' = 3 do 4 – za krečni kamen, cement, lomljeni led, metalne opiljke, livački pesak, fini pesak, PVC - granulat, glinu, pepeo, gips, sumpor
- μ' = 4 do 5 – za šljunak, zemlju, rudu, veštačko đubrivo, so, gusti mulj

- Što je materijal pokretljiviji i finiji manji su otpori kretanja, odnosno koeficijent otpora. Za teže i abrazivne materijale važe maksimalne vrednosti.

Metod proračuna snage preko ukupnog koeficijenta otpora (Pfeifer i dr. 1998)

- Primenjujući princip utvrđivanja ukupnih otpora, baziran na koeficijentu ukupnih otpora trenja μUK i na otporu podizanja tereta, u slučaju pužnog transportera, preporučuje se korišćenje sledećeg izraza

$$\sum W = \mu_{UK} \cdot L \cdot \cos\delta \cdot m_t \cdot g + m_t \cdot g \cdot H \, [N]$$

- Za koeficijent u gornjem izrazu preporučuju se vrednosti μ_{UK}= 2 ÷ 4, ukoliko se radi o zrnastim, lebdećim i sličnim materijalima sa manjim uglom unutrašnjeg trenja. Nešto veće vrednosti μ_{UK}= 4 ÷ 8, preporučuju se za strm i vertikalni transport. Kao i u predhodnim slučajevima, na bazi ovako utvrđenih ukupnih otpora, korišćenjem poznatog izraza utvrđuje se i snaga transportera.

SPECIJALNI OBLICI

- ***Pužni transporter sa savitljivom spiralom*** Koristi se za transport pokretljivih, sitno zrnastih materijala veličine komada do $a_{max} \leq 25$ [mm]. Transportna putanja može da bude horizontalna, kosa i vertikalna i to sa spuštanjem i podizanjem materijala. Savitljiva spirala se okreće u crevu visoke otpornosti koje je izrađeno od: plastike, sintetičkih vlakana sa metalnom armaturom, a koriste se i čelične cevi. U zavisnosti od tehničkih parametara može se ostvariti transportni kapacitet do 18 [m^3/h] na distanci do 15 (60) m.

- ***Pužni transporter za komadnu robu*** koristi princip zavojnice sa konceptom visećeg i ležećeg tereta. Osnovni element je cev (rotor) koja nosi žičanu spiralu na sebi. Obrtanjem spirale dolazi do kretanja komada. Sistemi sa obešenim teretom predstavljaju moderniju verziju ovog uređaja. Zahvaljujući jednostavnoj konstrukciji i primeni automatizacije ovaj transporter nalazi široku primenu u industriji.